

**DIESE PRÄSENTATION SOLL HELFEN
SICH IN DIE BERECHNUNG VON
GLEITLAGERN BEI
HYDRODYNAMISCHER SCHMIERUNG
ZURECHTZUFINDEN UND SIE
SCHNELL ZU ERLERNEN.**

Ausgearbeitet von Ansgar Preuss Fsmt 2005
Für das Wiki Projekt 2008

GESTALTEN UND ENTWERFEN

✗ Einfluss auf die Lagerbreite

So breit wie nötig, so schmal wie möglich.

(15-5)
mittlerer Lagerdruck

$$p_L = \frac{F}{b \cdot d_L} < p_{Lzul}$$

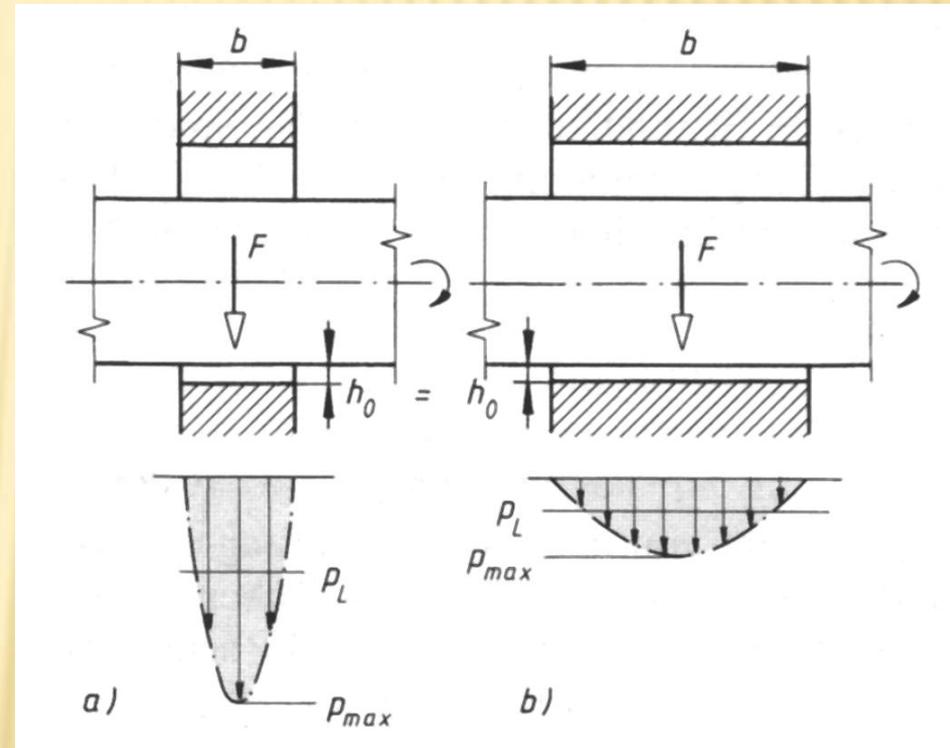
b und d_L aus TB 15-1a bis 1e

Erfahrungswerte p_{L zul} TB 15-7

• relatives Lagerspiel

(15-8)
relatives Lagerspiel

$$\psi = \frac{s}{d_L} = \frac{d_L - d_w}{d_L} = \frac{d_L - d_w}{d_w}$$



Vorteile

geringe Reibung
geringe Lagertemperatur
geringe Verkantungsgefahr

geringere Drücke
hohe Lagertemperatur
Verkantungsempfindlichkeit

GESTALTEN UND ENTWERFEN

(15-5)

mittlerer Lagerdruck

$$p_L = \frac{F}{b \cdot d_L} < p_{Lzul} \quad \text{N/mm}^2$$

b und d_L aus TB 15-1a bis
1e und 15-2

Erfahrungswerte p_{Lzul} TB 15-7

Übung:

$F = 3 \text{ kN}$

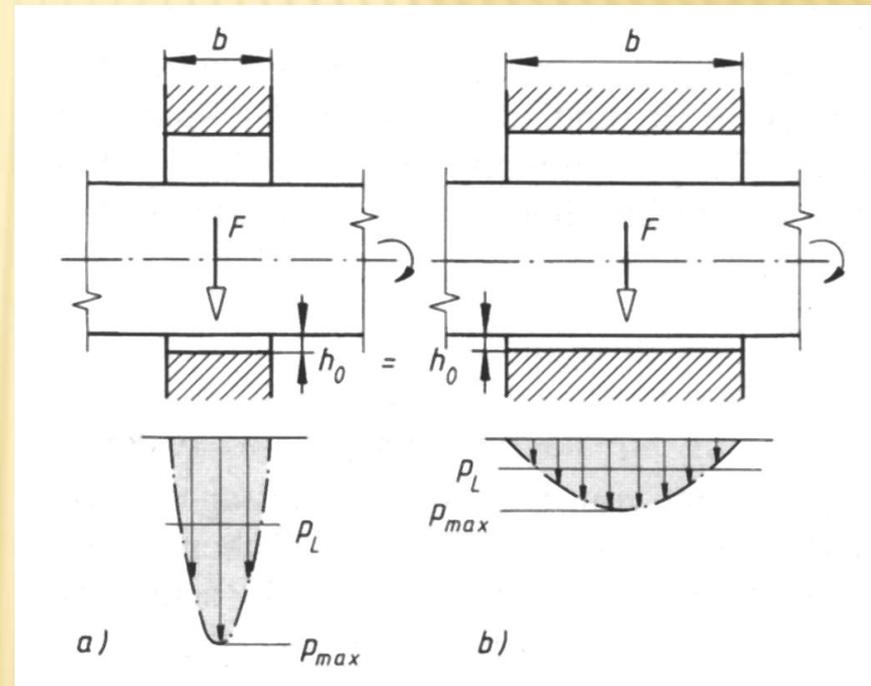
Gleitlager DIN ISO 4379-1 Form F

$d_L = 16,00 \text{ mm}$

$b = 30 \text{ mm}$

Ges.: p_L ,

p_{Lzul} für CU-Pb-Legierung TB 15-7



Darf das Lager so verwendet werden?

GESTALTEN UND ENTWERFEN

(15-5)

mittlerer Lagerdruck

$$p_L = \frac{F}{b \cdot d_L} < p_{Lzul} \quad \text{N/mm}^2$$

b und d_L aus TB 15-1a bis
1e und 15-2

Erfahrungswerte p_{Lzul} TB 15-7

Übung:

$$F = 3 \text{ kN}$$

Gleitlager DIN ISO 4379-1 Form F

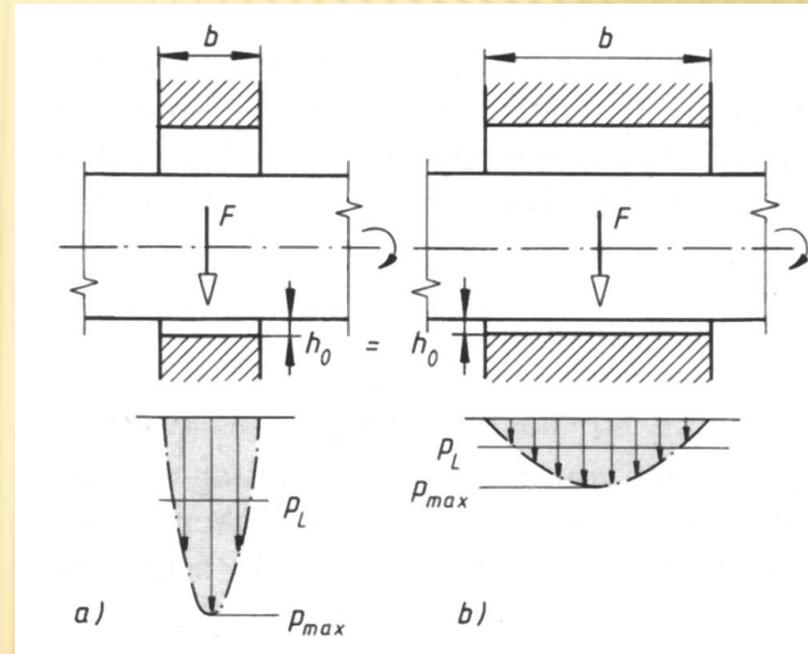
$$d_L = 16,00 \text{ mm}$$

$$b = 30 \text{ mm}$$

Ges.:

$$p_L = 3000 \text{ N} / 30 \text{ mm} \cdot 16,00 \text{ mm} = 6,25 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{Lzul} \text{ für CU-Pb-Legierung TB 15-7} = 7 \text{ N/mm}^2$$



Darf das Lager so verwendet werden? Ja da $p_L < p_{Lzul}$

GESTALTEN UND ENTWERFFEN

Übung:

$F = 3\text{KN}$

Gleitlager DIN ISO 4379-1 Form F

$d_L = 16,00$

$d_w = 15,90$

$P_L = 3000\text{N} / 30\text{mm} * 16,00\text{mm} = 6,25 \text{ N/mm}^2$



Bildquelle
www.prezisa.de

•Relatives Lagerspiel

relatives
Lagerspiel

$$\psi = \frac{s}{d_L} = \frac{d_L - d_w}{d_L} = \frac{d_L - d_w}{d_w} \quad 15-8$$

Bitte rechnen sie Ψ (Psi)

GESTALTEN UND ENTWERFFEN

Übung:

$F = 3\text{KN}$

Gleitlager DIN ISO 4379-1 Form F

$d_L = 16,00$

$d_w = 15,90$

$P_L = 3000\text{N} / 30\text{mm} * 16,00\text{mm} = 6,25 \text{ N/mm}^2$



Bildquelle
www.prezisa.de

•Relatives Lagerspiel

$$\begin{array}{l} \text{relatives} \\ \text{Lagerspiel} \end{array} \quad \psi = \frac{s}{d_L} = \frac{d_L - d_w}{d_L} = \frac{d_L - d_w}{d_w} \quad 15-8$$

$$\Psi_B = \frac{s}{d_L} = \frac{d_L - d_w}{d_L} = \frac{16,00\text{mm} - 15,90\text{mm}}{16,00\text{mm}} = 0,0062$$

Gestalten und Entwerfen

✘ Sommerfeldzahl

- ✘ die Sommerfeldzahl ist die Kennzahl für den Lastbereich von Gleitlagern. Sie sagt aus, dass Lager mit gleicher S_o Zahl, sofern das Verhältnis tragende Lagerbreite b /Lagerinnendurchmesser d_L und die Ölzuführungselemente gleich sind, hydrodynamisch ähnlich sind, d.h. das Lager mit der gleichen Sommerfeldzahl im Betrieb das gleiche Verhalten aufzeigen.

(15-11)
Sommerfeldzahl

$$S_o = \frac{p_L \cdot \psi_B^2}{\eta_{\text{eff}} \cdot \omega_{\text{eff}}} = \frac{F \cdot \psi_B^2}{b \cdot d_L \cdot \eta_{\text{eff}} \cdot \omega_{\text{eff}}}$$

Siehe TB 15-9

Winkelgeschwindigkeit
(15-11)

$$\omega_{\text{eff}} = 2 \cdot \pi \cdot n_w \quad \left[\frac{1}{s} \right]$$

Gestalten und Entwerfen

✘ Sommerfeldzahl Übung:

Geg.:

$$F=15\text{KN}$$

$$\psi_B= 0,0016$$

$$b= 100\text{mm}$$

$$d_L= 125,02$$

$$S_o = \frac{F \cdot \psi_B^2}{b \cdot d_L \cdot \eta_{\text{eff}} \cdot \omega_{\text{eff}}} \quad 15-11$$

Für η_{eff} Schmierstoff = ISO VG 100 TB 15-9
 $\vartheta_{\text{eff}} = 40^\circ\text{C}$

Für ω_{eff} $n_w = 500 \text{ min}^{-1}$ Hinweis bei 15-11

Achtung Einheiten gut beachten.

Gestalten und Entwerfen

✘ Sommerfeldzahl Übung:

Geg.:

$$F=15\text{KN}$$

$$\psi_B= 0,0016$$

$$b= 100\text{mm}$$

$$d_L= 125,02$$

$$S_o = \frac{F \cdot \psi_B^2}{b \cdot d_L \cdot \eta_{\text{eff}} \cdot \omega_{\text{eff}}} \quad 15-11$$

Für η_{eff} Schmierstoff = ISO VG 100 TB 15-9

$$v_{\text{eff}} = 40^\circ\text{C}$$

$$\eta_{\text{eff}} = 90 \text{ m Pa s} = \underline{90 * 10^{-9} \text{ Ns} / \text{mm}^2}$$

Für ω_{eff} $n_w = 500 \text{ min}^{-1}$ Hinweis bei 15-11

$$\omega_{\text{eff}} = 2 * \pi * n_w = 2 * \pi * 500 \text{ 1/60s} = \underline{52,36 \text{ 1/s}}$$

Gestalten und Entwerfen

✘ Sommerfeldzahl Übung

$$So = \frac{F \cdot \psi_B^2}{b \cdot d_L \cdot \eta_{\text{eff}} \cdot \omega_{\text{eff}}}$$

Eingabewerte:

F = N

ψ_B =

b = mm

d_L = mm

η_{eff} = $\frac{\text{Ns}}{\text{mm}^2}$

ω_{eff} = $\frac{1}{\text{s}}$

Ergebnis:

So = 0,65

Gestalten und Entwerfen

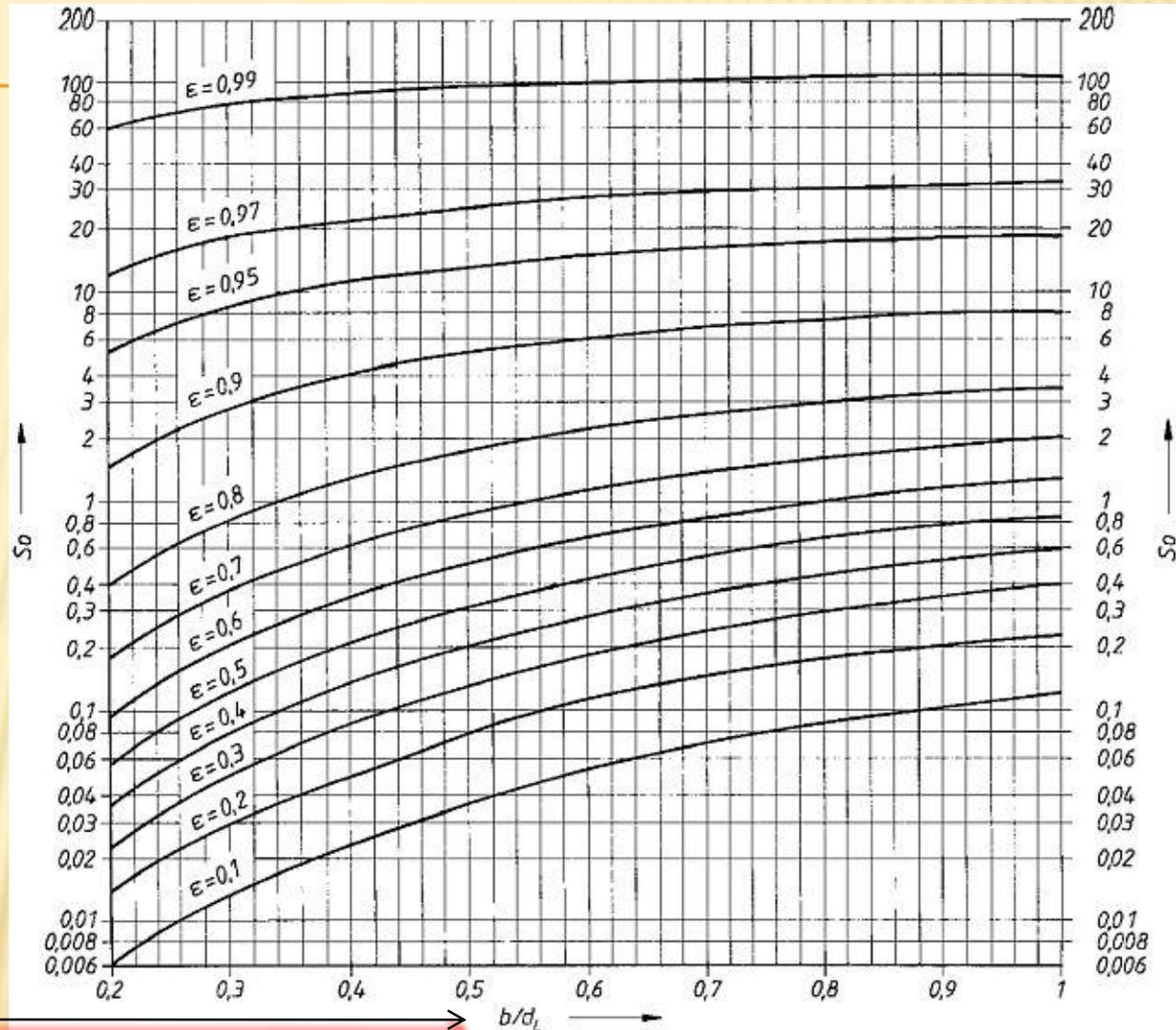
Aus der Sommerfeldzahl und dem Betriebskennwert (b/d_L) ergibt sich die relative Exzentrizität (ϵ). Sie beschreibt Lage und Größe von h_0 .

(15-10)

$$\epsilon = e / (0,5 \cdot s) = e / (0,5 \cdot d_L \cdot \Psi)$$

β = Verlagerungswinkel

(TB 15-15a)



b/d_L = Richtwert (15-7)

- ✘ $S_o \leq 1$ und $\epsilon = 0,6 \dots 0,95$ störungsfreier Betrieb (Bereich B)
- ✘ $S_o \leq 10$ und $\epsilon = 0,95 \dots 1$ Verschleiß möglich (Bereich C)
- ✘ $S_o < 1$ und $\epsilon < 0,6$ mögliche Instabilität der Wellenlage (Bereich A)

TB 15-13a u. b

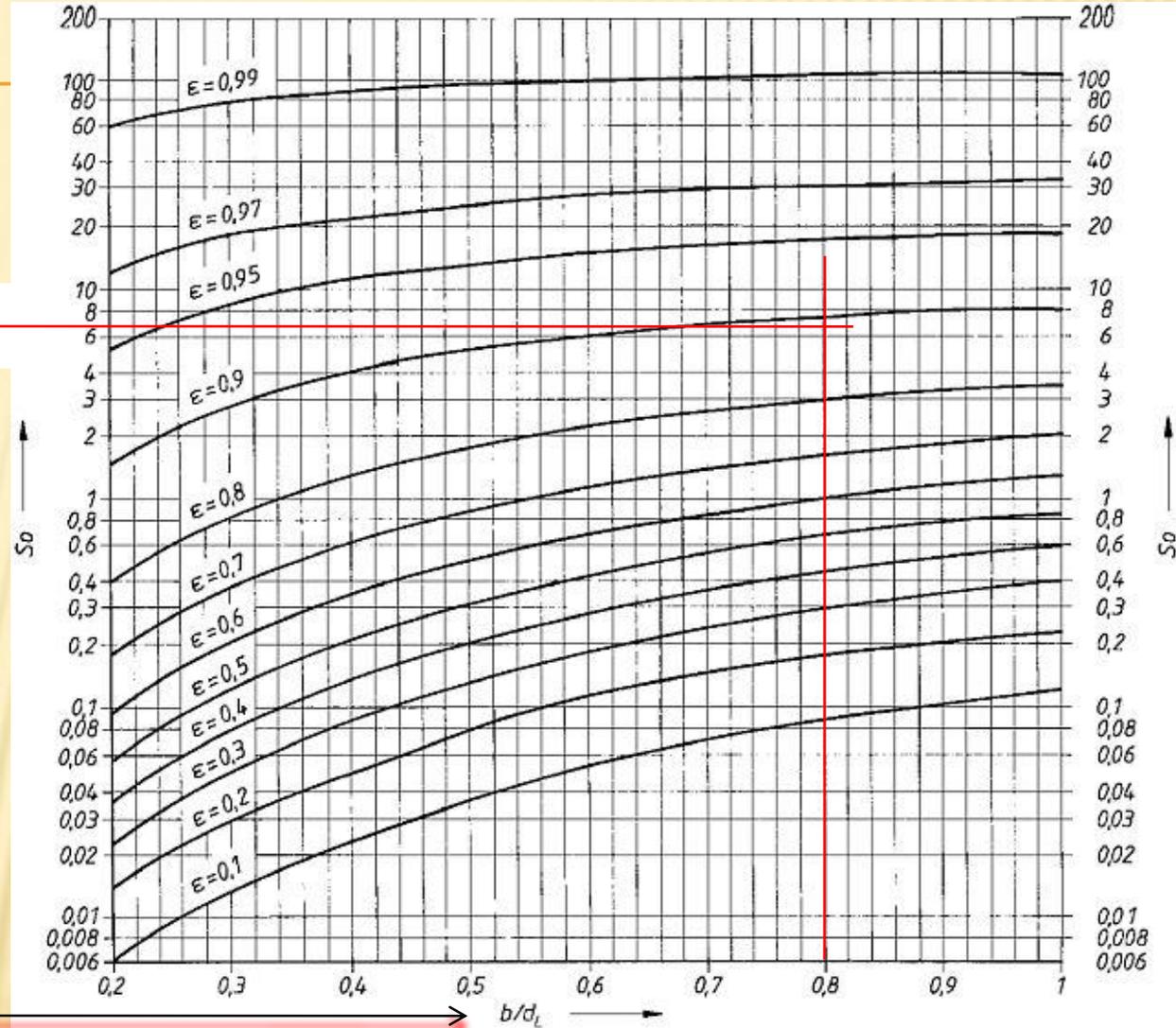
Gestalten und Entwerfen

$b = 100\text{mm}$
 $dL = 125,02\text{m}$
 m

$b/dL = 0,799$

$\epsilon \approx 8,9$

$S_o = 0,65$



$b/dL = \text{Richtwert (15-7)}$

- ✘ $S_o \leq 1$ und $\epsilon = 0,6 \dots 0,95$ störungsfreier Betrieb (Bereich B)
- ✘ $S_o \leq 10$ und $\epsilon = 0,95 \dots 1$ Verschleiß möglich (Bereich C)
- ✘ $S_o < 1$ und $\epsilon < 0,6$ mögliche Instabilität der Wellenlage (Bereich A)

TB 15-13a u. b

Gestalten und Entwerfen

- ✘ Reibungsverhältnisse / Wärmebilanz
- ✘ man benötigt die Reibungsverlustleistung (P_R)

$$P_R = \mu \cdot F \cdot u_w \quad (15-14)$$

Lagerkraft

Wellenumfangsgeschwindigkeit

μ = Reibungszahl

$$\mu = \frac{\mu}{\Psi B} \cdot \Psi B$$

$$u_w = d_w \cdot \pi \cdot n_w \quad (\text{m/s})$$

d_w = Durchmesser Welle (m)

n_w = Wellendrehzahl (1/s)

Wird mit S_o und b/dL aus TB
15-14a oder c abgelesen.

Gestalten und Entwerfen

✘ Reibungsverlustleistung Übungsaufgabe

Geg.:

$$F=15\text{KN}$$

$$\Psi_B=0,0016$$

$$b=100\text{mm}$$

$$d_L=125,02$$

$$d_w=124,82$$

$$b/d_L=0,799$$

$$n_w=500\text{ min}^{-1}$$

$$S_o=0,65$$

$$\eta_{\text{eff}}=90\text{ mPa s}=90 \cdot 10^{-9}\text{ Ns/mm}^2$$

$$\omega_{\text{eff}}=52,36\text{ 1/s}$$

$$P_R = \mu \cdot F \cdot u_w \quad (15-14)$$

μ = Reibungszahl

$$\mu = (\underline{\mu}/\Psi_B) \cdot \Psi_B$$

Lagerkraft

Wellenumfangsgeschwindigkeit

$$u_w = d_w \cdot \pi \cdot n_w \quad (\text{m/s})$$

d_w = Durchmesser Welle (m)

n_w = Wellendrehzahl (1/s)

Wird mit S_o und b/d_L aus
TB 15-14a oder c abgelesen.

Gestalten und Entwerfen

- Reibungsverlustleistung Übungsaufgabe

Geg.:

$F = 15 \text{ kN}$

$\psi_B = 0,0016$

$b = 100 \text{ mm}$

$d_L = 125,02$

$d_w = 124,82$

$\omega_{\text{eff}} = 52,36 \text{ 1/s}$

$b/d_L = 0,799$

$n_w = 500 \text{ min}^{-1}$

$S_o = 0,65$

$$P_R = \mu \cdot F \cdot u_w$$

≈ aus TB
15-14c

$$P_R = (\mu / \psi_B) \cdot F \cdot d_w \cdot \pi \cdot n_w \cdot \psi_B$$

Eingabewerte:	Ergebnis:
(μ / ψ_B) <input type="text" value="6"/>	in <input type="text" value="W"/>
$F =$ <input type="text" value="15000"/> N	<input type="text" value="P<sub>R</sub> = 474,141 W"/>
$d_w =$ <input type="text" value="0,12582"/> m	
$n_w =$ <input type="text" value="8,33"/> $\frac{1}{s}$	
$\psi_B =$ <input type="text" value="0,0016"/>	

Gestalten und Entwerfen

Reibungsverhältnisse / Wärmebilanz

Allgemein gilt $P_R = P_a$ o. P_c (RM Seite 558)

Fall 1: Natürliche Kühlung (15-17)

$$\vartheta_L = \vartheta_u + \frac{P_R}{\alpha \cdot A_G} \quad (= P_a)$$

$$P_a = \alpha \cdot A_G \cdot (\vartheta_m - \vartheta_u) \quad (15-15)$$

$$\vartheta_L - \vartheta_O \leq 2^\circ\text{C} \quad \xrightarrow{\text{JA}} \quad \vartheta_L \approx \vartheta_{eff} < \vartheta_{L\text{zul}} \quad (\text{TB 15-17})$$

↓ Nein

$$\vartheta_{O\text{neu}} = 0,5 (\vartheta_{O\text{alt}} + \vartheta_m)$$

- ✘ das Lager stellt sich auf eine mittlere Temperatur ein ϑ_L , der den zulässigen Wert $\vartheta_{L\text{zul}}$ (TB 15-17) nicht überschreiten darf.

Gestalten und Entwerfen

- Reibungsverhältnisse / Wärmebilanz Übung

Fall 1: Natürliche
Kühlung (15-17)

$$\vartheta_L = \vartheta_u + \frac{P_R}{\alpha \cdot A_G} \quad (= \text{Pa})$$

$$P_\alpha = \alpha \cdot A_G \cdot (\vartheta_m - \vartheta_u) \quad (15-15)$$

$$\vartheta_L - \vartheta_o \leq 2^\circ\text{C} \xrightarrow{\text{JA}} \vartheta_L \approx \vartheta_{eff} < \vartheta_{L\text{ zul}} \quad (TB\ 15-17)$$

Nein

$$\vartheta_{o\text{ neu}} = 0,5 (\vartheta_{o\text{ alt}} + \vartheta_m)$$

Temperatur der
Umgebungsluft

$$\vartheta_u = \boxed{20} \quad \text{°C}$$

$$P_R = \boxed{210} \quad \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$\alpha = \boxed{20} \quad \frac{\text{Nm}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{°C}}$$

$$A_G = \boxed{0,5} \quad \text{m}^2$$

$$\vartheta_L = 41^\circ\text{C}$$

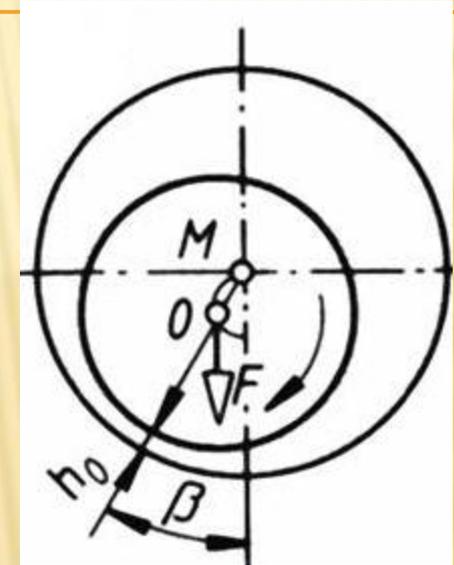
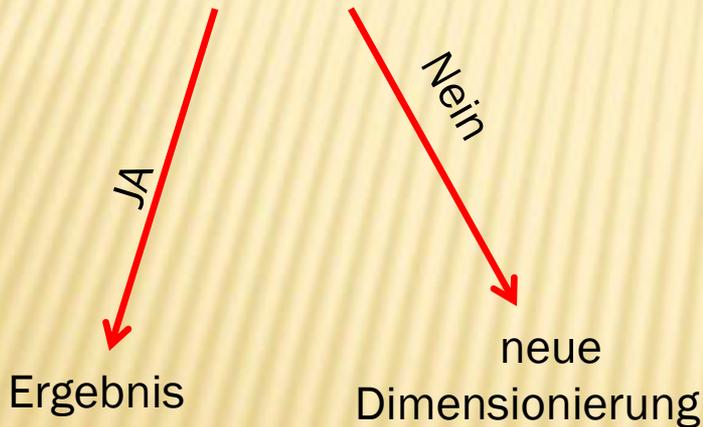
Richttemperatur von $S_o = \vartheta_o = \vartheta_{eff} = 40^\circ\text{C}$

Gestalten und Entwerfen

- kleinste Schmierpalthe (h₀)

$$h_0 = 0,5 \cdot d_L \cdot \psi_B \cdot (1 - \varepsilon) \cdot 10^3 \geq h_{0 \text{ zul}}$$

$$h_0 \geq h_{0 \text{ zul}} \longrightarrow \text{(TB 15-16)}$$



h_{0 zul} nach DIN 31 652

Wellen durchmesser d _w in mm		Grenzrichtwerte h _{0 zul} in μm				
		Wellengeschwindigkeit u _w in m/s				
über	bis	0 bis 1	über 1 bis 3	über 3 bis 10	über 10 bis 30	über 30 bis 100
25 ¹⁾	63	3	4	5	7	10
63	160	4	5	7	9	12
160	400	6	7	9	11	14
400	1000	8	9	11	13	16
1000	2500	10	12	17	16	18